

Сатаров С.С., Аламанов С.К., Абдыжапар уулу С., Ли Яоминг
КОЧКОР ӨРӨӨНҮНҮН ДАРЫЯ БАССЕЙНДЕРИНИН ГИС-МОДЕЛИ
(Гидрография жана морфометрия)

Сатаров С.С., Аламанов С.К., Абдыжапар уулу С., Ли Яоминг
ГИС-МОДЕЛЬ БАССЕЙНОВ РЕК КОЧКОРСКОЙ ДОЛИНЫ
(Гидрография и морфометрия)

S.S. Satarov, S.K. Alamanov, Abdyzhapar uulu S., Li Yaoming
GIS-MODEL OF RIVER BASINS OF KOCHKOR VALLEY
(Hydrography and morphometry)

УДК: 556.5(29)

Макала Кочкор суусунун алабындагы суулардын агымын моделдештирүү маселелерине багытталган. Суу объекттеринин типтештирүүдө ГИС технологиялардын колдонуу ыкмасы менен моделдештирүүнүн жыйынтыктары көрсөтүлдү. Өрөөндөгү негизги суулардын жана куймалардын алаптарынын рельефинин гидрологиялык жана морфометриялык мүнөздөмөлөрүн ГИС технологиянын ыкмасы менен санариптик моделдештирүүнүн негизги гидрологиялык маселелерин чечүү мүмкүнчүлүктөрүнө баа берилди. Изилдөө аймагынын рельефинин санариптик моделдөөдө, растрдык моделдөө жана вектордук объектилерди эске алуу менен гидрологиялык тармактын суу алаптарынын түрдүү типтерин аныктоо алгоритминин баскыстары иштелип чыкты. Кочкор дарыясынын алабынын Хортон-Сталлердин методу менен 1 ден 8 ге чейинки баскычтар такталды. Аймак куймасы бассейндеринде жана жардам берүү-стралпоу сыйкырчылык кылган дин б ар түрдүү категориялары боюнча суу курстардын чакан пулдарга сыналган моделдөөнүн морфометриялык жана гидрологиялык мүнөздөмөлөрү натыйжалары Кочкор дырасында.

Негизги сөздөр: суу агымы, рельеф, Кочкор дарыянын бассейни, геоинформациялык системалар (ГИС), моделдештирүү, климаттын өзгөрүүсү, экология.

Статья посвящена решению задачи моделирования малого речного стока на примере бассейна реки Кочкор. Определение гидрологических и морфометрических характеристик малых водосборных бассейнов главных рек и их малых притоков был основан на цифровых моделях рельефа и результатов модели с использованием методик ГИС-технологий. На основе алгоритма построения водосборных бассейнов различного порядка для каждого элемента гидрологической сети выполнено цифровое моделирование рельефа бассейна реки Кочкор с учетом растровой модели и векторных объектов. По методу Хортон-Стралера в бассейне р. Кочкор выделены долины от 1-го до 8-го порядка. Результаты моделирования морфометрических и гидрологических характеристик апробированы в малых бассейнах водотоков на разных категориях рельефа территории бассейнов притоков и магистральной р. Кочкор.

Ключевые слова: речной сток, рельеф, бассейн реки Кочкор, геоинформационные системы, моделирование, изменение климата, экология.

This paper was devoted to the modeling of small river flows; we took the Kochkor River Basin as example of such modeling. Our model was based on the digital visualizing simulation using GIS-applications to estimate the hydrological and morphometric characteristics of the Kochkor river Basin. The constructing algorithm of the small watershed basins was based on digital modeling of the Basin, where we identified eight basin's classes using the Horton-Straler gradation method. The results of modeling morphometric and hydrological characteristics were tested in small basins of watercourses in different categories of the relief of the territory of the tributary basins and the mainland. Kochkor

Key words: river stream, relief, Kochkor river Basin, GIS, modeling, climate change, ecology.

Введение. Объектом научного исследования является гидрография и морфометрия бассейнов рек Кочкорской долины с помощью геоинформационных систем (ГИС).

В качестве самостоятельной единицы географического пространства для моделирования выступает граница речного бассейна [2].

Формирует бассейновую парагенетическую систему по Ф.Н. Милькову русло реки с окружающей ее территорией [1, 22].

К особенностям системы относится определенная упорядоченность движений направления стока от истоков к устью реки и составных ее элементов, от водораздела в долину реки и с русловым потоком в устье, что придает в продольном и поперечном профиле и плане динамическое единство бассейну реки [19, 20, 22].

ГИС моделирование очень важно в изучении гидрологических процессов автоматизированных систем прогнозирования паводков и половодий на реках; оно занимает неотъемлемую часть исследований, являясь связующим звеном между компонентами водных систем [13-15, 24].

Крайне важна роль ГИС- моделирования в решении задач мониторинга и прогнозирования гидрологической обстановки с целью определения возможных гидрологических явлений [3-6].

При изучении гидрологических процессов необходимо построение цифровых моделей рельефа (ЦМР) по спутниковым данным, с применением возможностей ГИС моделирования для картографического прогноза динамики исследуемых водных систем. Интерес к ЦМР, как источнику морфометрического описания, возник в последние десятилетия и этот метод применяется для алгоритмизации расчетов многих геоморфологических показателей. Гидрологическое ГИС-ArcGIS моделирование, позволяет проводить водосборную дифференциацию территории, автоматизированный расчет постоянных и временных водных потоков, русловых и бассейновых морфометрических характеристик, влияющих на характер поверхностного стока гряд-поверхности рельефа [16, 17, 19, 20].

Цель этой работы – построение моделей водосборных бассейнов рек Кочкорской долины с различными порядками и решение задач по определению морфометрии, с учетом на основании ЦМР исследуемой местности всех элементов гидрологических характеристик с применением ГИС-технологий прогнозирования стока рек на примере реки Кочкор (табл. 1, 2) [7-9].

Район исследования. Кочкорская долина длиной 80 км и шириной до 20 км находится на высоте 1800-2500 м. н.у.м. в Кочкорском районе площадью 640 тыс. км², составляя 14,3 % Нарынской области Внутреннего Тянь-Шаня, где в 31 населенных пунктах 11 аильных округов проживает 58 267 чел. при плотности населения 9,1 чел. на 1 км² [18, 21].

Бассейн р. Чу с максимальным расходом до 80,3 м³/с и минимальным до 2,7 м³/с имеет основные притоки от слияния рек Каракол и Сёёк до р. Жоон-Арык. Главными притоками в бассейне р. Чу, являются: Кара-Куджур, Жоон-Арык, Восточный Сёок, Восточный Каракол, Тюлёк, Шамшы, Тюндюк максимальные расходы которых приедены в табл.1 [18, 20].

На р. Чу построено для водопотребления, и орошения Орто-Токойское водохранилище сезонного значения для урегулирования ирригационной системы в период вегетации растений в основном для орошения с/х полей Республики Казахстан.

Методика. Измерения с автоматизацией ЦМР, параметров элементов и форм рельефа, конфигураций сети линий стока, расчеты длины водотоков, расположений водоразделов, площадей бассейнов, угла наклона, расчлененности территории Кочкорской долины [2-6, 10-12, 19, 20, 23].

Использован ArcGIS10.1 метод Кащицева и Шупилина для алгоритма моделирования речных бассейнов, а также инструменты «Гидрология» модуля Spatial Analyst Tools. Применены методики Conditional программного обеспечения, а также ра-

дарной интерферометрической съемки поверхности земного шара SRTM 30 [8].

Таблица 1.

Значения максимумов расхода рек бассейна р. Чу

Притоки р. Чу	Максимумы расхода, в руслах рек (м ³ /сек)
р. Кара-Куджур	129
р. Жоон-Арык	131
р. Восточный Сёок	94,4
р. Восточный Каракол	64,5
р. Тюлёк	20,8
р. Шамшы	7,6
р. Тюндюк	7,8

Результаты и обсуждение. Площадь бассейнов рек Кочкорской долины по расчетам с применением ГИС-технологий на основе космических снимков Landsat 90 составляет 5896,13 км² (табл.2) [18, 20].

Таблица 2.

Морфометрические характеристики бассейнов рек Кочкорской долины

Н, м	S, км ²	S, %	Н _{мин} , м	Н _{ср.} м	Н _{макс} , м
1743-4483	5896,13	100	1743	3113	4483
Высотные зоны бассейна					
1743-2200	943,3808	16	1743	1971	2199
2200-2700	1356,11	23	2200	2449	2699
2700-3200	1591,955	27	2700	2949	3199
3200-3700	1474,033	25	3200	3445	3699
3700-4483	530,6517	9	3700	4091	4483

Построены ГИС модели по методу Хортон–Стралера с определением порядка для каждого элемента гидрологической сети водосборных бассейнов с применением алгоритма на основе ЦМР исследуемой местности для различного типа долин: если не впадает другая долина, - 1-го порядка; образуемая при слиянии двух долин - 2-го порядка; образуемая при слиянии долин 2-го порядка - 3-го порядка [18, 20] – рис.1, 2.

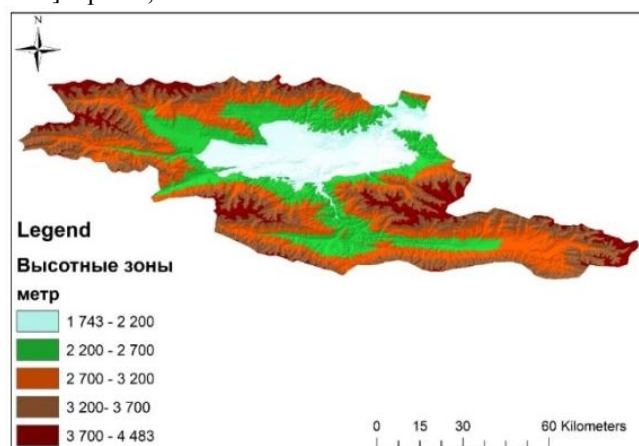


Рис.1. Цифровые модели рельефов бассейнов рек Кочкорской долины.

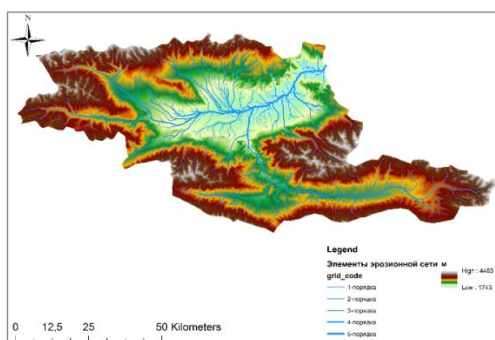


Рис. 2. Эрозионная сеть малых бассейнов рек Кочкорской долины

В бассейнах рек Кочкорской речной долины было выделено 1008 эрозионных сетей с первого по пятый порядок. В соответствии с выделенными порядками водотока определялись последовательность и порядок бассейнов (рис. 2). Растровые модели сетей речных бассейнов преобразованы в векторные и выделены до 2000 малых бассейнов, где преобладают реки 1 - 5-го порядков для бассейна Кочкорской долины (рис. 3) [18, 20].

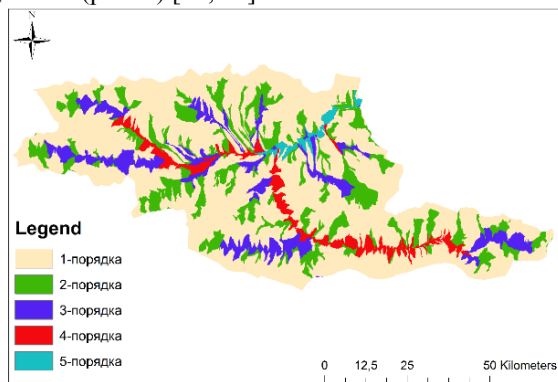


Рис. 3. Водосборные бассейны 1- 5-го порядков Кочкорской долины.

Площадь бассейнов реки Кочкорской долины 1-го порядка имеет площадь 3929,8 км², соответственно площадь 2-го - 1040,3 км²; 3-го - 552,6 км²; 4-го - 303,5 км²; и 5-го - 69,6 км² (рис. 4).

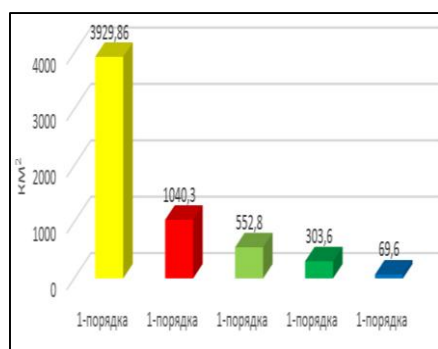


Рис. 4. Водосборные бассейны бассейнов рек

Среди водотоков 4-го порядка бассейна р. Кочкор имеются более крупные бассейны притоков – рр. Каракол, Шамшы, Тюндюк, Укёк и Жоон-Арык (рис. 5) [18, 20].

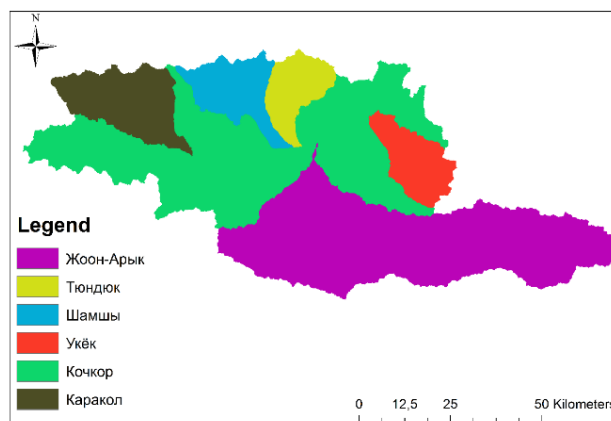


Рис. 5. Водосборные бассейны 4-порядка и 5-порядка, Кочкорской долины от 1-порядка до 5-порядка (км²) бассейнов рек Кочкорской долины

Выводы

1. Произведена количественная оценка распределения водосборов от 1-го до 5-го порядков при применении алгоритма определения морфометрических и гидрологических характеристик на территории бассейнов реки Кочкор.
2. Результаты моделирования морфометрических и гидрологических характеристик апробированы в малых бассейнах водотоков на разных категориях рельефа территории бассейнов притоков и магистральной р. Кочкор.

Благодарность. Исследования проведены при поддержке National Natural Science Foundation of China (41471173) и The Strategic Priority Research Program (XDA20020101), а также by Main Service Project of Characteristic Institute, Chinese Academy of Sciences (TSS-2015-014-FW-1-2).

Литература:

1. WMO Manual on Flood Forecasting and Warning, World Meteorological Organization, 2011
2. Tarboton D.G., Terrain Analysis Using Digital Elevation Models in Hydrology, 23rd ESRI International Users Conference, San Diego, California, 2003.
3. Dietrich W.E., Wilson C.J., Montgomery D.R., McKean J. Analysis of erosion thresholds, channel networks, and landscape morphology using a digital terrain model / J. Geol., 1993, p. 101, 259–278.
4. Dikau R., Computergestützte geomorphographie und ihre anwendung in der regionalisierung des reliefs. Petermanns Geographische Mitteilungen, 138:99-114. 1994.
5. Franklin S., Geomorphometric processing of digital elevation models, Computers and Geosciences, 1987, Vol. 13, No. 6, p. 603–609.

6. GIS Modules and Distributed Models of the Watershed / ASCE Task Committee. ASCE, 1999. 120 p.
7. Hjelmfelt A.T., Jr. Fractals and the river – length catchment–area ratio, *Wat. Resour. Bull.*, 1988, (2), P. 455–459.
8. Jenson S.K., Domingue, J.O. Extracting topographic structure from digital elevation model data for geographic information system analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1988, 54, P. 1593–1600.
9. Martz L.W., Garbrecht, J. Automated Extraction of Drainage Network and Watershed Data from Digital Elevation Models. *Water Resources Bulletin*, American Water Resources Association, 1993, 29(6), P.901–908.
10. Moore I. D., Grayson R. B., Ladson A. R. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrological Processes*, 1991, 5(3), p.3–30.
11. Quinn P.F., Beven P., Chevallier P., Planchon O. The Prediction of Hillslope Flow Paths for Distributed Hydrological Modeling Using Digital Terrain Models // *Hydrological Processes*, 1991, no.5, P. 59-79.
12. Schauble H., *HydroTools 1.0 for ArcView 3.x*. Hydrological analysis of small and large watersheds. Technical University of Darmstadt, 2003.
13. Singh V.P. *Computer Models of Watershed Hydrology*. Highlands Ranch, Colorado (USA) (Water Resources Publications), 1995.
14. Tarboton D.G., Shankar U. The Identification and Mapping of Flow Networks from Digital Elevation Data, Invited Presentation at AGU Fall Meeting, San Francisco, 1998.
15. Vieux B.E. *Distributed Hydrologic Modeling Using GIS*. Dordrecht (NL) (Kluwer Academic Publishers), 2001.
16. Wilson J.P., Gallant, J.C. (eds.) *Terrain Analysis: Principles and Applications*. New York, NY, John Wiley and Sons, 2000.
17. Wood J., The geomorphological characterisation of digital elevation models. PhD Thesis. Department of Geography, University of Leicester. Leicester, UK. 1996.
18. Аламанов С.К., Сакиев К.С., Ахмедов С.М. и др. *Физическая география Кыргызстана*. Бишкек, 2013, С. 211-219.
19. Гриб С.В. Моделирование гидрологической сети и основных характеристик поверхностного стока с помощью ГИС // *Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси: материалы Международная молодежная научно-практическая конференция*. Пинск, 2010. С. 150–152.
20. Мильков Ф.Н. Бассейн реки как парадинамическая ландшафтная система / *География и природные ресурсы*. – 1981. – № 4. – С. 11–18.
21. Национальный Комитет Кыргызской республики. *Отчет*. 2017.
22. *Отчет МЧС. Мониторинг и прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики*. 2012, 705 с.
23. Погорелов А.В., Салпагаров А.Д., Киселев Е.Н., Куркина Е.В. Геоинформационный метод в практике региональных физико-географических исследований // *Тр. / Тебердинский государственный заповедник*. Кисловодск, 2007. Вып. 45. 200 с.
24. Вода для устойчивого развития Центральной Азии. *Журнал «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана»*, Республиканский научно-теоретический журнал, № 3, Бишкек. 2018 С. 3.

Рецензент: к.геогр.н., доцент Усубалиев Р.А.